

# Red Abierta, Libre y Neutral para la ciudad de Cúcuta

Jean P. Cequeda<sup>1</sup>

Fecha de recibido: 10/06/2015

Fecha de aprobación: 11/08/2015

## Resumen

Este artículo presenta el prototipo del diseño de la Red Abierta, Libre y Neutral para la ciudad de Cúcuta, que es una alternativa para el intercambio de información sin costo ante las opciones que ofrecen las empresas de telecomunicaciones en la ciudad. Se define el procomún que permite la sana convivencia de los miembros, así como contenidos y servicios. El diseño físico y lógico aclara la viabilidad de implementación. El prototipo aterriza los requerimientos y clarifica la factibilidad que tiene el ciudadano del común para tener acceso a información y compartir la suya.

**Palabras claves:** *Prototipo, Red, Abierta, Libre, Neutral.*

## Abstract

This article presents the Open, Free and Neutral Network prototype design for Cucuta which serves as an alternative for the free exchange of information in face of the options offered by the telecommunication entities in the city. The defined agreement allows for the peaceful coexistence of members as well as content and services. The physical and logical design clarifies the feasibility of implementation. The prototype establishes the requirements and illustrates the viability of the common citizen's access to and sharing of information.

**Keywords:** *Prototype, Network, Open, Free, Neutral.*

---

<sup>1</sup> Universidad Francisco de Paula Santander, Departamento de Informática y Sistemas. Cúcuta, Norte de Santander. E-mail: [jpc@ufps.edu.co](mailto:jpc@ufps.edu.co)

<sup>‡</sup> Se concede autorización para copiar gratuitamente parte o todo el material publicado en la *Revista Colombiana de Computación* siempre y cuando las copias no sean usadas para fines comerciales, y que se especifique que la copia se realiza con el consentimiento de la *Revista Colombiana de Computación*.

## 1. Introducción

Las redes Abiertas, Libres y Neutrales -RALN- son iniciativas colaborativas [1] de las personas para las personas, el concepto está basado en la filosofía de la cultura libre [2] que solo busca la universalización de la libertad de acceso al conocimiento para generar más conocimiento.

Las iniciativas de las RALN [3] nacen por la falta de opciones sin intereses ocultos para compartir información, ofrecer servicios informáticos y/o contenidos a los usuarios; En las RALN no existen clientes, existen miembros de una comunidad que se empoderan de las soluciones, para permitir el acceso al conocimiento. Esta iniciativa tiene sus raíces en Europa, donde las Empresas de Telecomunicaciones -TELCO- no ofrecen servicios de conexión apropiada o sin restricciones pero han tenido trascendencia mundial a muchos países. Además, seguidores del Software Libre o de la Cultura Libre están convencidos que las RALN son la alternativa para que se imponga el acceso al conocimiento sobre los intereses económicos o las restricciones de monopolios.

El estado colombiano tiene entre sus estrategias la masificación del acceso a Internet de los hogares del país, pero dicha estrategia no tiene ni buen inicio ni buen final, porque lo que se plantea son convenios entre empresas TELCO y Gobierno, donde lo que se busca es aumentar indicadores y estadísticas en vez de aumentar el conocimiento y la información que pueda generar o compartir el ciudadano "beneficiado". Por tal motivo la opción es el empoderamiento de las telecomunicaciones, no simplemente crear enlaces o conexiones, lo que se debe es aumentar la conciencia de que somos miembros de una comunidad, de que la unión de esfuerzos crea una sinergia, es decir, mayores y mejores resultados, de que no será una estrategia más que brindará por un tiempo acceso a Internet al colegio o telecentro del barrio o el municipio sino que será una solución auto-sostenible y autodesarrollable.

La RALN para la ciudad de Cúcuta permitirá explorar la alternativa de empoderar al pueblo para diseñar, crear, mantener y expandir su red de telecomunicaciones, una iniciativa propia ante casos aplicados en otros países con excelentes resultados. Sin importar si el grado de madurez cultural permita una reacción positiva ante la alternativa de ser comunidad, no solo un individuo más.

El diseño de una Red Abierta, Libre y Neutral implica la definición de muchos aspectos, pasando por todas las capas definidas en el modelo de referencia ISO - *Open System Interconnection* de la OSI - *International*

*Organization for Standardization*, para redes de computadores. El diseño físico es un desafío ya que la naturaleza de las RALN las hace impredecibles y dependen mucho de los ciudadanos interesados.

El prototipo desarrollado demuestra la viabilidad técnica de la implementación de la Red Abierta, Libre y Neutral en la ciudad, así como los servicios y contenidos potenciales a ofrecerse por parte de los posibles miembros, todo llevado a cabo para un ambiente empresarial pero al mismo tiempo pensando en llevar las tecnologías informáticas a los hogares de la ciudad para intentar disminuir la brecha digital y el analfabetismo informático.

Para proponer una RALN para la ciudad de Cúcuta este artículo presenta en la sección 2 las bases conceptuales de las RALN, así como algunos de los componentes más importantes, como son cultura libre y las redes de telecomunicaciones. En sección 3 se establece algo muy interesante, las condiciones de convivencia o el ProComun lo cual es primordial para un auto sostenibilidad de la RALN. En la sección 4 establece el diseño de la RALN, teniendo cuenta la geografía, las tecnologías, las topologías físicas y lógicas, la seguridad informática, los servicios ofrecidos, entre otros. La sección 5 finalmente muestra el prototipo desarrollado, sus componentes, las pruebas y la funcionalidad de la propuesta, para finalmente cerrar con las conclusiones de la investigación.

## **2. Contextualización Redes Abiertas, Libres y Neutrales**

Entre los grandes inventos que han cambiado el rumbo de la humanidad se puede encontrar la Internet, esa majestuosa infraestructura de telecomunicaciones que permite comunicar en cuestión de segundos la información que se necesite entre cualquier par de sitios del orbe. Con esta gran herramienta vienen grandes responsabilidades, el cómo mantenerla libre de intereses personales o monopolísticos, proporcionar contenido en pro de los usuarios, entender su funcionamiento para mejorarlo, entre otros.

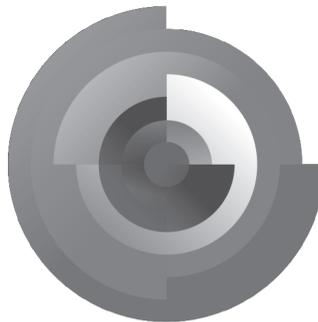
Por otra parte la universalización y el acceso al conocimiento sin ningún tipo de obstáculo, teniendo en cuenta que el conocimiento generado debe ser patrimonio de la humanidad bajo el reconocimiento del o los autores, implica que no debe existir acceso al conocimiento condicionado por intereses particulares, cada quien debe poder hacerlo desde, cuando o como quiera y pueda hacerlo. Corrientes y pensamientos como el Software Libre [4] intentan empoderar a los usuarios para que en sus manos se genere más o mejore el conocimiento existente todo en pro de la humanidad.

## 2.1. Cultura Libre

Este movimiento promueve la libertad del conocimiento, mediante la distribución y modificación de trabajos creativos. Está inspirada en la corriente del software libre bajo los lineamientos de la Free Software Foundation de los autores que más defienden y promueven la cultura libre es Lawrence Lessingen que en el 2004 escribió el libro titulado "free culture" [2] que luego dio vida al sitio Creative Commons y que es uno de los sitios que definen licencias para hacer libre el contenido y el conocimiento. La Fig. 1 muestra el logo representativo de la cultura libre mediante sus formas y colores.

La cultura libre está fundamentada en 4 libertades:

- Usar el trabajo y disfrutar de los beneficios de su uso.
- Estudiar el trabajo y aplicar el conocimiento adquirido de él.
- Hacer y redistribuir copias, totales o parciales, de la información o expresión.
- Hacer cambios y mejoras, y distribuir los trabajos derivados.



**Fig. 1.** Logo oficial de la definición de Cultura Libre.

**Fuente:** Tomado de [https://es.wikipedia.org/wiki/Cultura\\_libre](https://es.wikipedia.org/wiki/Cultura_libre).

## 2.2. Redes de Telecomunicaciones

Existen muchas definiciones sobre redes de telecomunicaciones, entre las más acertadas y completas se encuentra la que publican Antonio Alonso y Federico Kuhlmann en su libro Información y Telecomunicaciones [5], que dice: “consiste en una infraestructura física a través de la cual se transporta la información desde la fuente hasta el destino, y con base en esa infraestructura se ofrecen a los usuarios los diversos servicios de telecomunicaciones. En lo sucesivo se denominará red de telecomunicaciones a la infraestructura encargada del transporte de la información”. Adicionalmente deja claro su funcionamiento, “Para recibir un servicio de telecomunicaciones, un

usuario utiliza un equipo terminal a través del cual obtiene entrada a la red por medio de un canal de acceso. Cada servicio de telecomunicaciones tiene distintas características, puede utilizar diferentes redes de transporte, y, por tanto, el usuario requiere distintos equipos terminales. Por ejemplo, para tener acceso a la red telefónica, el equipo terminal requerido consiste en un aparato telefónico; para recibir el servicio de telefonía celular, el equipo terminal consiste en teléfonos portátiles con receptor y transmisor de radio, etcétera." Otra definición más sencilla pero muy clara es la brindada por A. R. Castro y R. J. Fusario en el libro titulado Comunicaciones: una introducción a las redes digitales de transmisión de datos y señales isócronas [6] en él dice: "...al conjunto de medios técnicos instalados, operados, organizados y administrados con la finalidad de facilitar a los usuarios los distintos servicios de comunicaciones disponibles."

### **2.3. Referente – guifi.net [7]**

Es la cuna de las Redes Abiertas, Libres y Neutrales -RALN-, es el más claro caso de implementación en el mundo de RALN, su funcionamiento se basa en el acuerdo de conectividad entre iguales Procomún o PRALN. Cuenta a la fecha con más de 21.000 nodos operativos, más de 10. 000 proyectados y 606 en pruebas. Su lugar de funcionamiento es la península Ibérica pero el modelo es fácilmente adaptable al resto del mundo.

## **3. Procomún**

El Procomún [8] es un acuerdo de coexistencia entre los miembros de la Red Abierta, Libre y Neutral, cada persona natural o jurídica que quiera pertenecer o adherirse debe aceptar las condiciones que la misma comunidad definió, intentando mantener el correcto y eficiente funcionamiento del sistema informático. El procomún define aspectos técnicos, legales y funcionales, así como los contenidos, servicios, responsabilidades, seguridad, calidad en el servicio, deberes y derechos de los miembros.

Son condiciones preestablecidas pero dinámicas según las condiciones y necesidades de los miembros siempre respetando y apoyándose en la legislación vigente. Tiene principios tan importantes como el de favorecer los intereses colectivos sobre los particulares o la unión hace la fuerza. Lo más importante, no tiene letra menuda que intente poner en desventaja una de las partes adheridas. Está bajo constante revisión para ajustarse al contexto y características de la comunidad, que finalmente tiene la potestad de adoptar las nuevas revisiones o seguir reajustándolas.

### 3.1. Miembros

Las redes abiertas, libres y neutrales están asequibles para toda la comunidad que esté de acuerdo con el PROCOMÚN, es decir, el acuerdo entre iguales que reglamenta la RALN. Una identificación de posibles miembros así como los contenidos y aportes para la RALN, permite ver el panorama del enriquecedor Tecno-sistema que puede nacer de la implementación de una RALN.

Existen 7 universidades, 59 instituciones educativas oficiales con 170 sedes anexas, más de 187 instituciones educativas privadas, Alcaldía, Gobernación, hospital, E.P.S, distrito militar, policía, bomberos oficiales, defensa civil, contraloría, procuraduría, veedurías ciudadanas, unidades básicas, puestos de salud, secretarías municipales y departamentales, 17491 empresas inscritas en la Cámara de Comercio, el Departamento Administrativo Nacional de Estadística estima que la ciudad en el 2014 cuenta con 643.666 habitantes, todo esto indica que existen suficientes posibles miembros para la RALN, que con sus contenidos y servicios proporcionarán una ambiente muy enriquecedor para el intercambio de información y por consiguiente para la generación de conocimiento.

### 3.2. Procomún para Cúcuta

El Procomún definido para la Red Abierta, Libre y Neutral – RALN – para la ciudad de Cúcuta es una adaptación y adopción del Procomún de la Red Abierta, Libre y Neutral de guifi.net la cual se puede consultar como referencia en <http://guifi.net/es/ProcomunXOLN>. Oriunda de España, es una de las RALN pioneras en el mundo, que tienen más de 10 años de existencia y cerca de 6 años como fundación guifi.net legalmente constituida. Actualmente cuenta con cerca de 25.000 nodos operativos y casi 12.000 proyectados, dejando atrás fronteras físicas y creando una plataforma colaborativa que incentiva el intercambio de conocimiento.

El acuerdo entre iguales está estructurado en once capítulos, en los dos primeros hace una definición de principios y del mismo Procomún, de los capítulos tres y cuatro define los derechos y deberes de los miembros con la RALN. El quinto capítulo define el papel de la fundación que nace de los miembros interesados. Los capítulos sexto, octavo y noveno definen el funcionamiento. El capítulo séptimo define la posición ante el medio ambiente. El capítulo décimo define los aspectos para la resolución de conflictos y el último capítulo define la licencia del Procomún.

## 4. Diseño

Se definió un prototipo para la RALN viable a implementar teniendo en cuenta, los casos de estudios encontrados, los individuos, colectivos, empresas, instituciones interesadas, las leyes del estado colombiano, las tecnologías existentes, servicios y contenidos y la viabilidad técnica de nodos y super nodos.

### 4.1. Datos Generales de Cúcuta

La ciudad de Cúcuta es la capital del Departamento Norte de Santander, ubicada hacia el oriente con coordenadas  $7^{\circ}52'48''N$  y  $72^{\circ}30'36''O$ . Limita al norte con Tibú y Sardinata; al occidente con El Zulia y San Cayetano; al sur con Villa del Rosario, Bochalema y Los Patios y al oriente con la República Bolivariana de Venezuela y Puerto Santander. Es el valle del Río Pamplonita que se extiende cerca de 25Km. En general el suelo urbano es plano, con algunas alturas de poca importancia, con una elevación promedio de 320 msnm. El área de la urbe es de 1.176 km<sup>2</sup>, que representan el 5,65% del Departamento de Norte de Santander. Su temperatura media de 28°C (35°C en el día y 23°C en la noche) y su precipitación media anual de 1.041 mm. Se encuentra dividido en 10 corregimientos, Agua Clara, Banco de Arena, San Faustino, Ricaurte, Puerto Villamizar, Palmarito, Guaramito, Buena Esperanza, San Pedro-El Pórtico y Carmen del Tonchalá. Su casco urbano se encuentra dividido en 10 Comunas que a su vez alberga a más de 600 barrios. [9] La Fig. 2 muestra gráficamente la ubicación del municipio de Cúcuta en del departamento de Norte de Santander.



**Fig. 2.** Mapa geográfico de Cúcuta.

**Fuente:** Tomado de [http://cucuta-nortedesantander.gov.co/mapas\\_municipio.shtml?apc=bcxx-1-&x=1364218](http://cucuta-nortedesantander.gov.co/mapas_municipio.shtml?apc=bcxx-1-&x=1364218).

## 4.2. Consideraciones del Diseño

Para realizar el diseño de la RALN se tuvieron en cuenta factores importantes como las tecnologías, leyes, ubicaciones, la regulación colombiana, topologías físicas y lógicas, seguridad, servicios y contenidos.

### 4.2.1 Medios de Comunicación

En las redes Abiertas, Libres y Neutrales, el medio que facilitó su desarrollo fue un medio no guiado, específicamente el aire, por sus dos grandes ventajas, el bajo costo y la facilidad de instalación. La familia de estándares más utilizado a nivel mundial para la implementación de RALN, es el 802.11 [10] de la IEEE - *Institute of Electrical and Electronics Engineers* o mejor conocido como WIFI - , actualmente sus velocidades pueden llegar hasta 7Gbps bajo el recién aprobado estándar 802.11ac [11] pero los dispositivos que soportan dicho estándar son muy pocos y algo costosos.

Existen más alternativas para realizar la interconexión de los miembros interesados en formar la RALN, lo importante es que las tecnologías o medios empleados, no vayan en contra del buen funcionamiento de la RALN, que sean medios y tecnologías fáciles de utilizar, que los costos sean los justos para la comunidad, que no se cree dependencia del fabricante, que sea compatible con los demás marcas, operen bajo estándares Internacionales y, lo más importante, que no violen las leyes colombianas.

Las redes inalámbricas serán el eje de construcción de la RALN, sin descartar la utilización del cobre, sobre todo para conectar miembros con distancias cortas a nodos principales, ni se descartará la fibra óptica para interconectar super nodos y aprovechar el excelente ancho de banda que pueda proporcionar. Existen otras tecnologías menos conocidas, como las comunicaciones mediante cable eléctrico o por sus siglas en inglés PLC - *Power Line Control* [12] que son alternativas para brindar conectividad en edificaciones de propiedad horizontal.

### 4.2.2 Ubicaciones Estratégicas

En la tabla 1 se establecen dieciocho ubicaciones con las mayores alturas de la ciudad. Estas ubicaciones pueden ser los puntos donde se establezcan los nodos de primer nivel, que a su vez permitirán interconectar a nodos de segundo y tercer nivel. Se distribuyen estratégicamente tanto en la zona rural como urbana de tal forma que sean lo más equidistantes posibles. Esta es una aproximación inicial para intentar cubrir toda la ciudad pues la misma naturaleza dinámica e impredecible de las RALN sugerirá nuevas ubicaciones para albergar nodos de cualquier nivel.

Nombre	Elevación	Latitud	Longitud
Bellavista	429	7°52'39.60"N	72°28'51.95"O
Cama de Comercio de Cúcuta	347	7°53'13.11"N	72°30'12.14"O
Cerro Norte	390	7°54'28.57"N	72°30'32.41"O
Circunvalacion	365	7°52'40.21"N	72°30'32.84"O
El Salado	357	7°56'23.42"N	72°29'48.74"O
Hospital Erazmo Meoz	343	7°54'15.70"N	72°29'26.87"O
Loma de Bolivar	395	7°53'28.38"N	72°31'11.93"O
Los Alpes	399	7°53'59.46"N	72°30'55.44"O
San Martin	347	7°54'13.25"N	72°28'16.42"O
San Rafael	408	7°52'16.18"N	72°30'17.08"O
Universidad Francisco de Paula Santander	341	7°53'50.99"N	72°29'16.17"O
Aeropuerto	349	7°55'55.32"N	72°31'21.97"O
Antonia Santos	350	7°54'28.71"N	72°32'33.81"O
Carmen del Tonchala	394	7°52'2.20"N	72°31'44.72"O
Cerro Ricaurte	1485	8° 1'37.88"N	72°21'18.66"O
Cerro Tasajero	964	7°59'41.77"N	72°27'41.66"O
El progreso	402	7°55'3.39"N	72°32'23.71"O
Sur	440	7°51'57.59"N	72°30'39.10"O

**Tabla 1.** Ubicaciones con mayores alturas.

**Fuente:** El autor.

#### 4.2.3 Regulaciones Colombianas

El ministerio de comunicaciones, actualmente Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, mediante la resolución 689 de 21 de abril de 2004 reglamentó y atribuyó el uso de unas bandas de frecuencia para su libre utilización. [13]

Existen restricciones en el uso de las seis bandas de frecuencias (902-928MHz, 2400-2483.5MHz, 5150-5250MHz, 5250-5350MHz, 5470Mhz-5725MHz y 5725-5850MHz) atribuidas para su libre utilización y que son de gran importancia para la implementación de RALN ya que son las frecuencias utilizadas en la familia del estándar 802.11. Entre las disposiciones más influyentes se encuentra la de la potencia Isotrópica Irradiada Equivalente o P.I.R.E. es máximo 36dB. Que según el tipo de antena (Direccional, omnidireccional o sectorial) utilizada así como su ganancia Isotrópica se debe reducir la potencia del transmisor para no superar la P.I.R.E. máxima permitida. La tabla 2 muestra el resumen de las potencias maximas permitidas, segun el tipo y la ganancia de la antena, así como la frecuencia utilizada. Estas condiciones tienen directo impacto en las distancias máximas que puede ofrecer la familia de estándares 802.11 pero se establecen para armonizar la convivencia en el mundo radioeléctrico.

Res. 689 - 21 Abril 2004	Ganancia Antena														Frecuencia
	6	9	12	15	18	21	23	24	25	26	27	28	29	30	
Potencia Maxima en TX	Antena Direccional - Punto a Punto														5.725 - 5850MHz
	30	30	30	30	30	30	30	29	28	27	26	25	24	23	
	Antena Sectorial 90° - Punto a Multi-Punto														
	20	19	18	17	16	15	14	14	13	13	13	12	12	12	
	Antena Omnidireccional														
	20	19	18	17	16	15	14	14	13	13	13	12	12	12	
	Antena Punto a Punto														2.400 - 2.483MHz
	30	29	28	27	26	25	24	24	23	23	23	22	22	22	
	Antena Sectorial 90° - Punto a Multi-Punto														
	30	29	28	27	26	25	24	24	23	23	23	22	22	22	
	Antena Omnidireccional														
	20	19	18	17	16	15	14	14	13	13	13	12	12	12	
Antena Punto a Punto														902 - 928MHz	
30	29	28	27	26	25	24	24	23	23	23	22	22	22		
Antena Sectorial 90° - Punto a Multi-Punto															
30	29	28	27	26	25	24	24	23	23	23	22	22	22		
Antena Omnidireccional															
20	19	18	17	16	15	14	14	13	13	13	12	12	12		

**Tabla 2.** Relación ganancia antena-potencia máxima.  
**Fuente:** El autor.

#### 4.2.4 Tipos de Nodos

Nodo de primer nivel o núcleo, en la capa de acceso a la red tienen como principal característica que sus interconexiones a otros nodos nivel 1 (Creando zonas nivel 1) o nodos nivel 2 (Creando zonas nivel 2), serán siempre enlaces punto a punto brindando la mayor velocidad posible. En la capa de red son los encargados de administrar y gestionar el dominio de *broadcast* de las zonas de nivel 1, es decir, enrutamiento entre zonas nivel 1, apoyándose en el protocolo de enrutamiento del camino más corto OSPF, por su sigla en inglés *Open Shortest Path First*, para determinar las mejores rutas.

Nodo de segundo nivel o distribución: En la capa de acceso a la red tienen como principal característica que sus interconexiones a nodos nivel 1 (Lo que lo hace parte de la zona nivel 2), otros nodos nivel 2 (Para aumentar la disponibilidad) o nodos nivel 3 (Creando zonas nivel 3), pueden ser mediante enlaces punto a punto o punto a multipunto brindando la mayor velocidad posible. En la capa de red son los encargados de administrar y gestionar el dominio de *broadcast* de las zonas de nivel 2, es decir, enrutamiento entre sus zonas nivel 3.

Nodo de tercer nivel o acceso: Forman redes tipo SOHO, por su sigla en inglés *Small Office-Home Office* o redes de uso doméstico y pequeñas oficinas, tiene como principal característica la utilización de direcciones privadas y realizar NAT – *Network Address Translation*, en el router si las

32 direcciones de la super red 10.0.0.0/8 asignadas a la zona no son suficientes; Este tipo de red es el esperado que los miembros implementen en sus hogares, empresas, parques, entre otros. Adicionalmente, si existen redes MESH [14] el protocolo de enrutamiento que se utilizará será el protocolo que mejor soporte el nodo de segundo nivel que da conectividad a los nodos MESH.

#### 4.2.5 Topología Física

La topología física definida, como se observa en la Fig. 3, es un híbrido entre estrella extendida, malla y árbol ya que se espera que existan segmentos donde se realicen radio enlaces punto a punto, punto a multipunto e incluso se esperan segmentos donde existen redes MESH [15]. Adicionalmente al incorporar medios guiados como fibra óptica o cobre se espera que topologías en anillo o bus aparezcan. Existen muchos factores para definir las conexiones punto a punto entre las ubicaciones con mayor altura encontradas en la ciudad, todo depende de los nodos que se establezcan al nacimiento de la RALN, del presupuesto para comprar más radios y más antenas, de la aparición de obstáculos, entre otros.

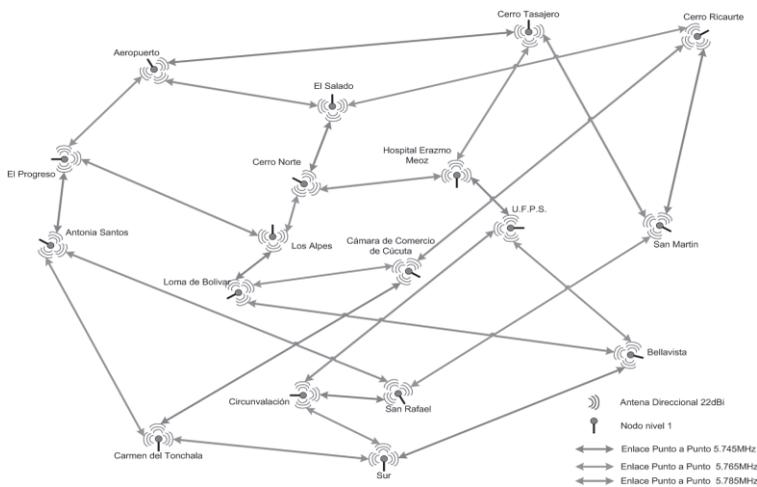


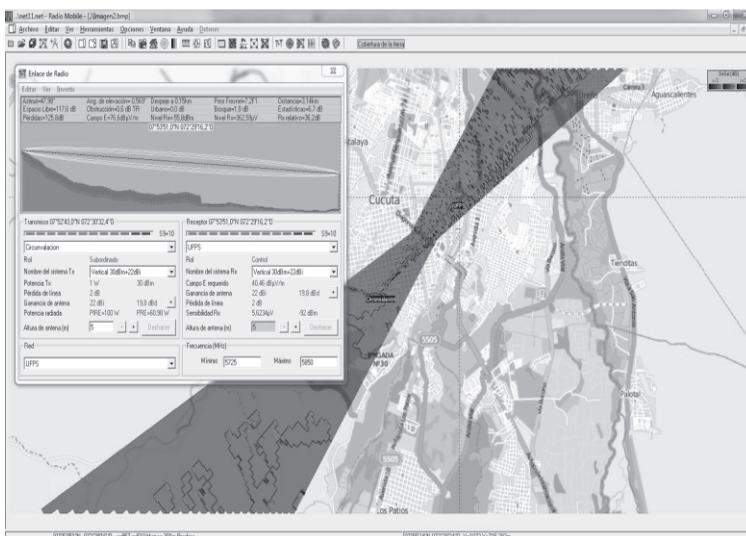
Fig. 3. Esquema físico nodos nivel 1.

Fuente: El autor.

Una excelente herramienta para estimar la viabilidad de un radio enlace es Radio Mobile [16], es un software gratuito que permite definir parámetros como potencia de transmisión, ganancias de antenas, frecuencias utilizadas y lo más importante permite la incorporación de mapas con levantamientos topográficos para realizar cálculos más exactos. La tabla 3 define los valores requeridos por la aplicación Radio Mobile para obtener la representación gráfica del radio enlace entre el nodo UFPS y Circunvalación el cual se muestra en la Fig. 4.

Descripción	Valor
Frecuencias	5725-5850
Potencia Tx	30dBm
Ganancia Tx	22 dBi
Tipo Antena Tx	Direccional
Ganancia Rx	22 dBi
Tipo Antena Rx	Direccional
Distancia	3.14Km
Sensibilidad Rx	-92dB
Perdidas en conectores	4dB

**Tabla 3.** Valores para la estimación del radio enlace.  
**Fuente:** El autor.



**Fig. 4.** Estimación Radio enlace - UFPS – Circunvalación  
**Fuente:** El autor.

La interconexión física entre nodos de nivel 1 se realizará solo con enlaces punto a punto, al igual que la conexión física entre nodos nivel 1 y nodos nivel 2; Entre nodos nivel 2 y nivel 3 se pueden conseguir enlaces punto a punto, punto a multipunto o MESH [10]. La Fig. 5 obtenida mediante el software Radio Mobile permite observar el área (Verde) estimada, la cual es una zona donde algún otro nodo con antenas direccionales y con conexión punto a punto pudiese entablar un enlace.



las 256 y quedan 238 libres para futuras zonas o ampliaciones de las existentes.

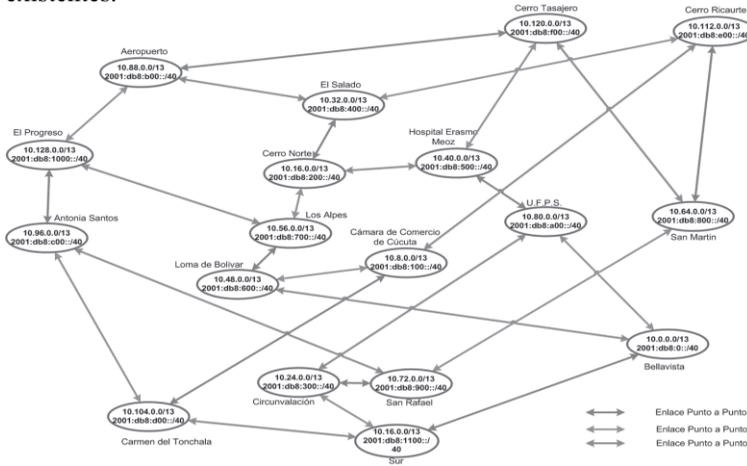


Fig. 6. Esquema lógico – Nivel 1.  
Fuente: El autor.

El diseño lógico se planteó para que no existan más de 3 saltos entre nodos de nivel 1. La ruta más larga entre un par de nodos nivel 1 es de 3 saltos. Se realizó un análisis de caminos mínimos con un software especializado llamado Grafos [18] el cual es un software libre y gratuito con licencia Reconocimiento-No Comercial-Compartir Igual 3.0 (*Creative Commons License*), la Fig. 7 es resultado del análisis y en ella se constató que el camino más largo entre cualquier par de nodos nivel 1 es de 4 contando el nodo destino.

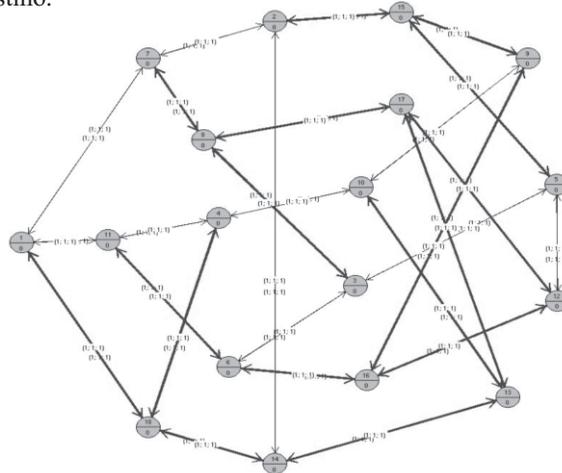
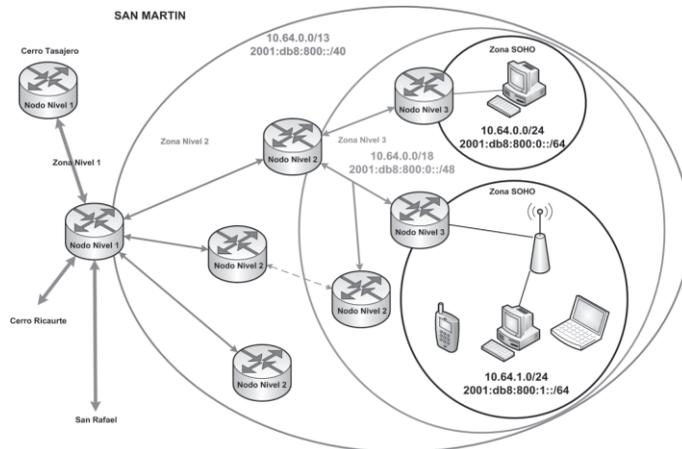


Fig. 7. Grafo de nodos nivel 1.  
Fuente: El autor.

Adicionalmente, como se observa en la Fig. 8, para IPv4 se asigna una superred 172.16.0.0/12 para la dirección de enlaces entre nodos, hay que tener en cuenta si son conexiones punto a punto o punto a multipunto; Para IPv6 se utilizan direcciones de enlace local para conexiones punto a punto y direcciones globales para punto a multipunto. Finalmente se define la superred IPv4 192.168.0.0/16 para las redes tipo SOHO, es decir, las direcciones privadas de la RALN las cuales no serán enrutables en la red por lo tanto deben contar con NAT; Para IPv6 se definen subredes dentro del mismo prefijo pero con una duración de prefijo de 64 bits.



**Fig. 8.** Ejemplo direccionamiento IPv4 e Ipv6.

**Fuente:** El autor.

#### 4.2.7 Seguridad [19]

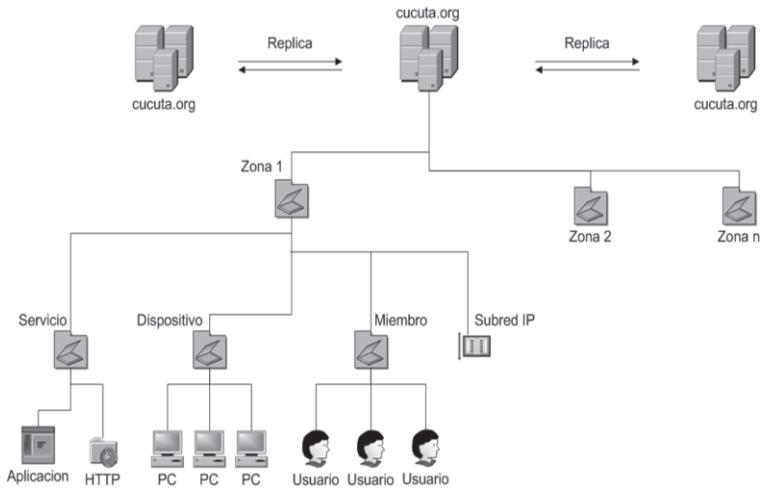
En las RALN por su naturaleza no existen restricciones, pero no significa que no se cumpla con las leyes o que no se proteja la información que transporta o se intercambia manteniendo su privacidad. Toda información que circule, se almacene, se transporte, se ingrese, se extraiga o realice alguna operación en la RALN debe cumplir con la legislación nacional y con los tratados internacionales, por ejemplo leyes contra la pornografía infantil, leyes de derechos de autor, leyes antipiratería, leyes para la protección de datos personales, entre otras se deben tener en cuenta.

#### 4.3 Servicios y Contenidos

Una plataforma de comunicaciones no es nada sin servicios y contenidos a soportar pero para que exista un correcto y amigable funcionamiento de la RALN se requieren servicios que trabajan en la trastienda y otros

que tienen todo la visibilidad y fama posible. Al querer aumentar la compatibilidad con el servicio de Internet se debe implementar todos los servicios posibles en Dual Stack, es decir, que soporten IPv4 e IPv6, dentro de los múltiples servicios que se pueden encontrar y prestar en las RALN están:

- Servicios de resolución de dominios o DNS por su sigla en inglés. En la RALN deben existir tantos servidores que realicen cache DNS como resolución del dominio cucuta.org que es el dominio existente en la RALN para el resto del mundo. Por cada nodo nivel 1 debe existir un servidor DNS esclavo de un servidor DNS principal del dominio cucuta.org el cual será seleccionado por la comunidad de acuerdo a sus capacidades y ubicación estratégica. Pueden existir tantos servidores DNS posibles con los subdominios necesarios bajo el dominio cucuta.org solicitando el respectivo registro, igualmente se puede extender la creación de subdominios hasta el nivel querido siempre y cuando no sea complejo su utilización para los miembros de la RALN.
- Protocolo de Configuración Dinámica de Direcciones o DHCP por su sigla en inglés, su implementación estará limitado a las zonas nivel 3 y zonas SOHO. Se debe considerar que para protocolo IPv6 es un complemento para la asignación de parámetros con el servidor DNS.
- Protocolo para la sincronización de relojes o NTP por sus siglas en inglés, este protocolo ayuda a una correcta reconstrucción de eventos, así como el correcto funcionamiento de otros protocolos, servicios y contenidos. Su implementación no está condicionada más allá de un correcto informe de la hora en la zona horaria de la ciudad.
- Protocolo Simple de Administración de Red o SNMP por su sigla en Inglés, su implementación es muy importante porque soporta la gestión de la RALN, en lo posible todos los dispositivos intermedios deben soportar este protocolo en su versión 3, pero si no es posible se debe determinar los permisos de lectura o escritura para evitar malos usos por acción o sin intención.
- Protocolo Ligero de Acceso a Directorios o LDAP, es un protocolo que permite entender de una forma organizada la RALN; esto facilita la gestión y administración de la misma, así como el descubrimiento de los dispositivos, servicios, contenidos y personas que la conforman. La Fig. 9 permite observar el esquema básico para la organización de recursos mediante un Servicio de directorios.



**Fig. 9.** Esquema LDAP para la RALN.

**Fuente:** El autor.

- Shell Seguro o SSH por sus siglas en inglés, es un protocolo que permite la gestión, administración y ejecución remota de comandos en los dispositivos que soportan e implementan su uso, es muy importante para las tareas de mantenimiento y resolución de problemas.
- Protocolo para la Transferencia de Archivos o FTP por su sigla en inglés, es un protocolo que proporciona ventajas para transferir grandes volúmenes de información, de acuerdo con las necesidades de privacidad se puede implementar SFTP o FTPS para garantizar la confidencialidad.
- Protocolo de transferencia de Hipertexto o HTTP [20], es uno de los protocolos más utilizados detrás de los servicios y contenidos de las redes de computadores, su utilización requiere o no, de un dominio para lo cual se recomienda que todo servicio o contenido utilizado se realice mediante un dominio válido dentro de la RALN.

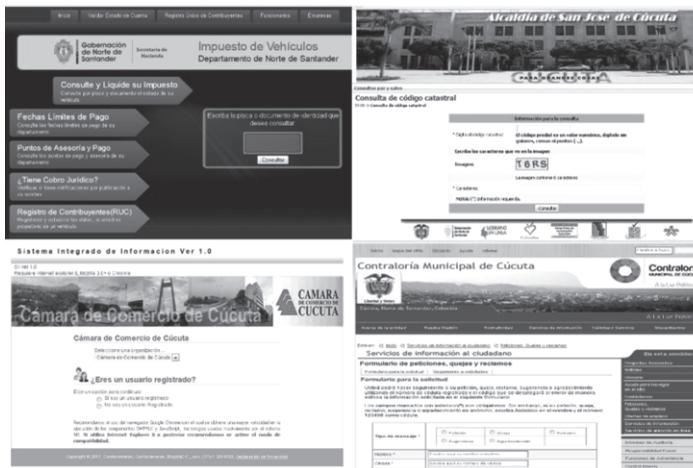
Los servicios o contenidos ofrecidos por y para la comunidad de la Red Abierta, Libre y Neutral son todos aquellos que requiera la misma comunidad pero para el arranque inicial se plantean los siguientes:

- Portales WWW, este contenido es el que más inmediatamente puede ofrecer los diferentes miembros de la red ya que muchas personas, empresas, universidades y diferentes miembros cuentan con sitios, páginas o portales web tal como se observan en la Fig. 10.



**Fig. 10.** Portales o páginas web de posibles miembros de la RALN.  
**Fuente:** El autor, Tomado de múltiples sitios web.

- Sistemas de información Online, como los que se observan en la Fig.11, son Sistemas informáticos que hoy en día permiten a sus usuarios utilizarlos desde cualquier ubicación solo contando con una conexión a la red, estos Sistemas de Información son muy populares y acercan más a las empresas o entidades a la comunidad.

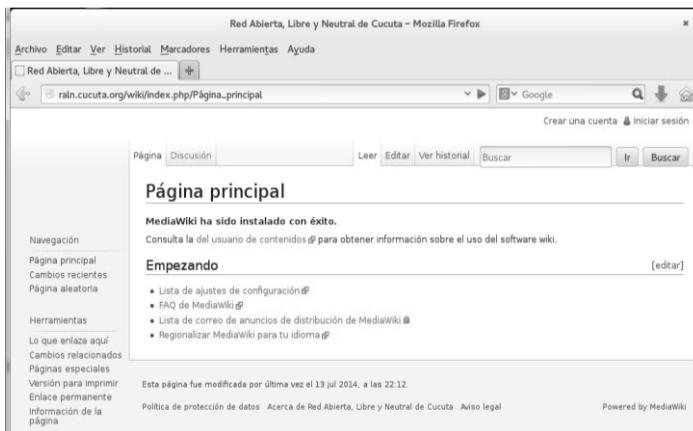


**Fig. 11.** Sistemas de Información.  
**Fuente:** El autor – Tomado de múltiples sistemas web.

- Portal web de Administración y gestión de la RALN, este contenido es de suma importancia para el funcionamiento de la RALN pero sobre todo para su crecimiento, es muy interesante la integración con otros servicios como la integración con el servicio de

Directorios, así como con portales web o sobre los protocolos, HTTP, SNMP, LDAP, entre otros.

- Mensajería instantánea; este servicio es muy importante porque acerca fácilmente a los miembros de la RALN entre sí, la comunicación inmediata ayuda a intercambiar rápidamente información, intercambiar dudas, soluciones, ideas, entre otros. Las Wikis, como lo muestra la Fig. 12, son medios colaborativos muy importantes, apoyándose en el protocolo HTTP permite crear conocimiento entre varios colaboradores de manera simultánea. Esta herramienta formará la documentación de la RALN alimentada por la misma comunidad para la comunidad.



**Fig. 12.** Wiki basada en el paquete Media Wiki para la RALN.

**Fuente:** El autor.

- Los foros son otra herramienta que permite mejorar y aumentar la información que soporta la RALN, así como temas de cualquier índole que apoyen el desarrollo de la comunidad. Existen muchos paquetes Open Source que permiten implantar foros.
- Conectividad Inalámbrica para usuarios finales es un servicio que se puede prestar o brindar a zonas sociales, como parques, canchas, malecones, centros comerciales, zonas verdes, entre otras. Esta conectividad puede complementarse con otro servicio como un servidor proxy web transparente o no, este servicio es el encargado de volver más eficiente la navegación así como la aplicación de restricciones que obliga la ley como por ejemplo la aplicación de la ley contra pornografía infantil. Esta conectividad Inalámbrica y el uso de servidores proxy son dos servicios que ofrecer, uno de los recursos más solicitados y costosos, el Acceso a Internet.



## 5.1. Descripción de Elementos

El prototipo cuenta con dos dispositivos capa 3 muy utilizados en las RALN como son las Routerboard RB433; como lo muestra la Fig. 14, este cuenta con sistema operativo Mikrotik RouterOS 6.15. Estos dispositivos tienen 3 slots para integrar hasta 3 tarjetas mini PCI que pueden soportar la familia del estándar 802.11, adicionalmente tiene 3 conectores RJ-45 hembras con conexiones FastEthernet lo que permite tener hasta 6 segmentos de red o varias combinaciones posibles colocando estas interfaces en modo bridge.



**Fig.14.** RouterBoard Rb433.

**Fuente:** El autor.

Adicionalmente el prototipo cuenta con dos dispositivos capa 2 también muy utilizados en RALN como son los NanoBridge M5, reconocible en la Fig. 15, este dispositivo cuenta con sistema operativo AirOS que tiene como núcleo el kernel de Linux pero optimizado para dispositivos intermedios. El bridge tiene dos interfaces, una inalámbrica, trabajando sobre frecuencias de 5.8GHz y con una antena con 22dBi de ganancia. La segunda interfaz es con conector RJ-45 para trabajar a 100Mbps y soportar *Power Over Ethernet*. Soporta protocolos y transporta IPv4 e IPv6 pero solo administrable mediante IPv4 por GUI.



**Fig. 15.** Ubiquiti Nano bridge M5.

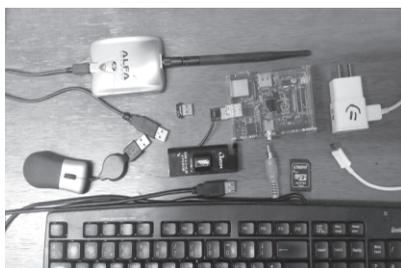
**Fuente:** El autor.

Como se observa en la Fig. 16, se cuenta con una antena sectorial de 9dBi de ganancia y 120° de apertura en su cubrimiento. Su conector N-Female permite mediante un pigtail N-Male realizar la conexión al conector del pigtail de la tarjeta Mini PCI de la RouterBoard Rb433.



**Fig. 16.** Antena de sectorial de 9dBi de ganancia.  
**Fuente:** El autor.

Como dispositivo final se tiene como principal elemento una RaspBerry Pi, con sistema operativo Raspbian, la cual es un dispositivo de hardware libre líder en el mercado, que fácilmente permite el acceso a comunidades con bajos recursos a un equipo de cómputo con todas las funcionalidades. La Fig. 17 muestra los elementos básicos que el dispositivo final utilizará para ofrecer los servicios de cualquier computador personal.

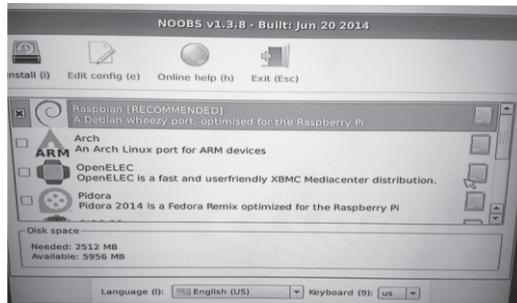


**Fig. 17.** Kit para RaspBerry PI como computador.  
**Fuente:** El autor.

El sistema operativo Raspbian es una optimización del sistema operativo GNU/Linux Debian para trabajar sobre el *hardware* de RaspBerry PI, la principal orientación de la distribución es la enseñanza de informática pero cuenta con repositorios con más de 35.000 paquetes pre-compilados y optimizados para RaspBerry PI.

Como se observa en la Fig. 18, la instalación es muy sencilla y se puede realizar con la ayuda del paquete NOOBS o directamente con la imagen

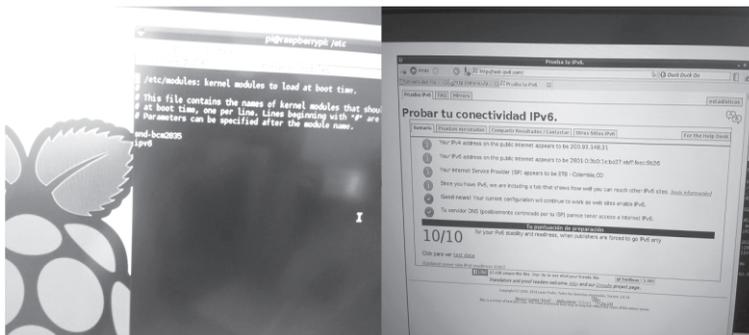
de Raspbian. Si la instalación es por NOOBS al encender la Raspberry Pi le permitirá seleccionar los Sistemas Operativos que se quieren instalar, existen otros como Pidora basado en Fedora o Arch Linux, entre otros pero el recomendado por el grupo de desarrollo de Raspberry PI es Raspbian.



**Fig. 18.** Pantalla inicial de instalación de Raspbian mediante NOOBS.

**Fuente:** El autor.

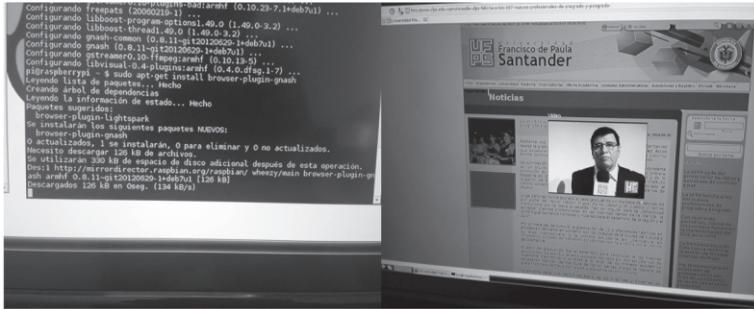
Los requerimientos informáticos básicos de un hogar son reproducción multimedia, elaboración de hojas de cálculo, documentos de texto, presentaciones, visualización de documentos y navegación web; De este último lo importante es contar con los *plugins* necesarios para una buena navegación. Raspbian viene listo para el uso hogareño solo hay que instalarle la suite ofimática preferida y el *plugin* de flash. Para este prototipo en particular se requiere activar el módulo IPv6 para soportar este protocolo. La Fig. 19 demuestra la activación del protocolo IPv6 para este dispositivo final.



**Fig. 19.** Activación y prueba del módulo Ipv6.

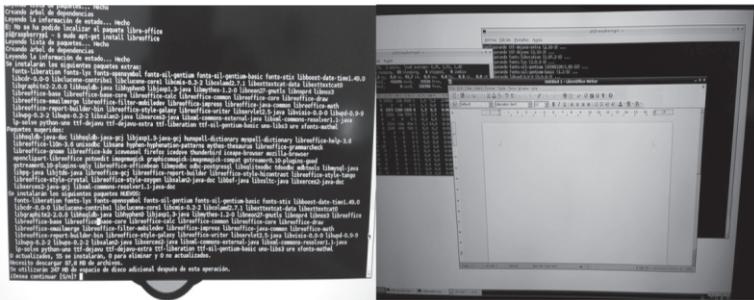
**Fuente:** El autor.

Como se observa en la Fig. 20, con los comandos “sudo apt-get install gnash” y “sudo apt-get install browser-plugin-gnash” se deja el sistema preparado para la reproducción de elementos flash.



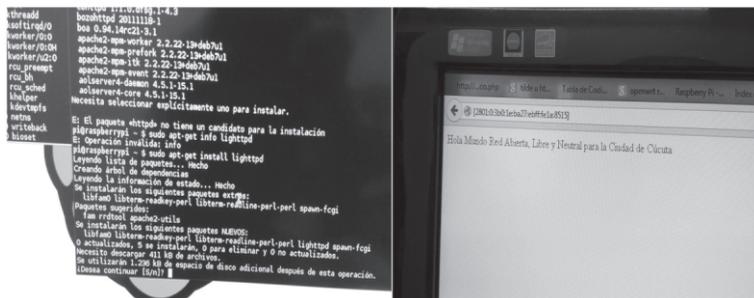
**Fig. 20.** Instalación plugin gnash para reproducción de flash.  
**Fuente:** El autor.

La Fig. 21 muestra que para dejar listo el sistema de cómputo se le debe instalar el paquete de Libre Office, el comando “sudo apt-get install libreoffice” realiza la instalación desde los repositorios.



**Fig. 21.** Instalación y prueba de LibreOffice.  
**Fuente:** El autor.

En la Fig. 22, se puede observar un ejemplo de lo fácil que puede ser la instalación de un servidor web, se puede realizar con el comando “sudo apt-get install lighttpd” lo que le permitirá a un hogar o miembro de la RALN a publicar su propia página web.



**Fig. 22.** Instalación y prueba del HTTP.  
**Fuente:** El autor.

## 6. Conclusiones

Las redes Abiertas, Libres y Neutrales implementadas en el mundo son una alternativa muy interesante y viable contra las amañadas empresas de telecomunicaciones. Su flexibilidad, bajo costo y fácil implementación proporcionan una clara alternativa a comunidades que no quieren dependencias y opresiones de las TELCO.

El empoderamiento de la comunidad con alternativas como las RALN aumentan las posibilidades de autosostenimiento, logrando lo que el estado colombiano plantea con sus estrategias de masificación de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y que hasta hoy en día solo pasan por estrategias del gobierno de turno, que no perduran.

La cultura Libre, tanto el *Hardware* como el *Software* libre, brinda oportunidades para que las comunidades, los pueblos, el ciudadano del común pueda mejorar valores como la ética, la colaboración, la solidaridad, el respeto, la responsabilidad, la perseverancia, la competitividad, entre otros.

El establecimiento y aceptación de acuerdos, como el procomún, es una interesante muestra del nivel cultural de la sociedad, sin el ánimo de castigar, de reprender o de sancionar, un acuerdo entre iguales permite que una sociedad avance y logre un desarrollo mucho más rápido.

El diseño planteado permitió establecer la viabilidad técnica para implementar una red Abierta, Libre y Neutral en la Ciudad de Cúcuta, su topografía, sus habitantes y posibles miembros o las características urbanísticas, permiten que una oportunidad de masificar el intercambio de información a costos muy bajos y empoderando a la comunidad sea factible.

La definición de los contenidos y servicios a implementar en la creación de la RALN, así como los posibles contenidos y servicios a implementar en el futuro demuestra que la alternativa de conectividad, no solo es una red más, es un mecanismo eficiente para mejorar el intercambio de información, es una alternativa más propia para conocer la sociedad en que vivimos. Un prototipo demuestra claramente los pros y contras de la alternativa planteada, este prototipo demostró que los límites de una RALN son los que el ser humano le coloque, que si la mente está abierta a recibir conocimiento esto potenciará la generación de más conocimiento.

## Referencias

- [1] A. Vega. El trabajo colaborativo a través de la historia de las TIC. *Revista Q* 4(7), 2009. [Online] Disponible en: <http://search.proquest.com/docview/1328124408?accountid=43636>.
- [2] L. Lessing. Free Culture. 2004. [Online] Disponible en: <http://www.free-culture.cc/freeculture.pdf>.
- [3] PEDRAZA, Luis. Implementación de red inalámbrica comunitaria para Ciudad Bolívar. *Visión Electrónica: Algo más que un estado sólido*, 6(2), 46-57. Disponible en Internet en: <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/visele/article/view/3885>.
- [4] Free Software Foundation. Software libre. [Online]. Disponible en Internet en <http://www.fsf.org/about/>. [Último acceso: 17 Mayo 2014].
- [5] F. KUHLMANN y A. ALONSO. (2014) Sitio Web Informacion y Telecomunicaciones, [Online] [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/149/htm/sec\\_8.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/149/htm/sec_8.htm).
- [6] A. R. Castro y R. J. Fusario, *Comunicaciones: una introducción a las redes digitales de transmisión de datos y señales isócronas*, 1a ed. Buenos Aires : Alfaomega grupo editor argentino. 2013. pp. 138.
- [7] CANO SANTANA, Al. Guifi.net: Red entre iguales y Web Social Libre para el empoderamiento colectivo, archivo en línea. Disponible en Internet en: [http://medialab-prado.es/mmedia/2326/text\\_Al\\_Cano.pdf](http://medialab-prado.es/mmedia/2326/text_Al_Cano.pdf).
- [8] Diario El País. La revolución cultural del procomún. [Online] Disponible en: [http://cultura.elpais.com/cultura/2011/12/27/actualidad/1324940405\\_850215.html](http://cultura.elpais.com/cultura/2011/12/27/actualidad/1324940405_850215.html).
- [9] Alcaldía de Cucuta - Norte de Santander - Colombia, «Alcaldía de Cúcuta - Norte de Santander,» 05 Noviembre 2014. [En línea]. Available: [cucuta-nortedesantander.gov.co/informacion\\_general.shtml](http://cucuta-nortedesantander.gov.co/informacion_general.shtml). [Último acceso: 12 Junio 2014].
- [10] Murad A. Abusubaih, Saif Najem Eddin, and Ahmad Khamayseh. 2013. IEEE 802.11n dual band access points for boosting the performance of heterogeneous WiFi networks. In *Proceedings of the 8th ACM workshop on Performance monitoring and measurement of heterogeneous wireless and wired networks* (PM2HW2N '13). ACM, New York, NY, USA, 1-4. DOI=10.1145/2512840.2512841 <http://doi.acm.org/10.1145/2512840.2512841>.

- [11] Eldad Perahia and Michelle X. Gong. 2011. Gigabit wireless LANs: an overview of IEEE 802.11ac and 802.11ad. *SIGMOBILE Mob. Comput. Commun. Rev.* 15, 3, 23-33. DOI=10.1145/2073290.2073294 <http://doi.acm.org/10.1145/2073290.2073294>.
- [12] Nirmalya Roy, David Kleinschmidt, Joseph Taylor, and Behrooz Shirazi. 2013. Performance of the Latest Generation Powerline Networking for Green Building Applications. In *Proceedings of the 5th ACM Workshop on Embedded Systems For Energy-Efficient Buildings (BuildSys'13)*. ACM, New York, NY, USA, , Article 14 , 8 pages. DOI=10.1145/2528282.2528298 <http://doi.acm.org/10.1145/2528282.2528298>.
- [13] CARDENAS CASTIBLANCO, Roberto. Uso de la banda de 2,4 GHz según la regulación colombiana. *Tecnura* [online]. 2010, vol.14, n.27 [cited 2014-07-31], pp. 75-88. Available from: <[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-921X2010000200009&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X2010000200009&lng=en&nrm=iso)>. ISSN 0123-921X.
- [14] I. Akyildiz, X. Wang and W. Wang, “Wireless mesh networks: a survey,” *Science Direct*. [Online]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389128604003457>. [Último acceso: 15 Junio 2014].
- [15] BAHR, M. Proposed Routing for IEEE 802.11s WLAN Mesh Networks. *The ACM new Yoprk: Digital Library*, 2006. doi:10.1145/1234161.1234166.
- [16] El Sitio web de Radio Mobile. [Online] Disponible en: <http://www.rplus.org/rmw/english1.html>. [Último acceso: 03 Junio 2014].
- [17] Amogh Dhamdhere, Matthew Luckie, Bradley Huffaker, kc claffy, Ahmed Elmokashfi, and Emile Aben. 2012. Measuring the deployment of IPv6: topology, routing and performance. In *Proceedings of the 2012 ACM conference on Internet measurement conference* (IMC '12). ACM, New York, NY, USA, 537-550. DOI=10.1145/2398776.2398832 <http://doi.acm.org/10.1145/2398776.2398832>.
- [18] (2014) Sitio web de Grafos - software para la construcción, edición y análisis de grafos. [Online]. Disponible en: <http://arodrigu.webs.upv.es/grafos/doku.php>.
- [19] Samad S. Kolahi, Zhang Qu, Burjiz K. Soorty, and Navneet Chand. 2009. The performance of IPv4 and IPv6 using UDP on IEEE 802.11n WLANs with WPA2 security. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Interaction Sciences: Information*

Technology, Culture and Human</em> (ICIS '09). ACM, New York, NY, USA, 873-876. DOI=10.1145/1655925.1656084 <http://doi.acm.org/10.1145/1655925.1656084>.

- [20] Sen Wang, Jun Bi, Jianping Wu, Xu Yang, and Lingyuan Fan. 2012. On adapting HTTP protocol to content centric networking. In <em>Proceedings of the 7th International Conference on Future Internet Technologies</em> (CFI '12). ACM, New York, NY, USA, 1-6. DOI=10.1145/2377310.2377312 <http://doi.acm.org/10.1145/2377310.2377312>.